

# ***Гамма- и жесткое рентгеновское излучение от слабых солнечных вспышек классов В и С***

***И.В. Архангельская (I. V. Arkhangelskaya@terphi.ru) ,  
А.И. Архангельский***

***Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ»***

**Впервые: жесткое X и  $\gamma$ -излучение  $E > 10^2$  кэВ**

**солнечные вспышки классов В и С по GOES**

**обработка данных АВС-Ф/СОИГ-Д, затем АВС-Ф/РПС (ИСЗ КОРОНАС-Ф).**

**31.07.2001 – 6.12.2005**

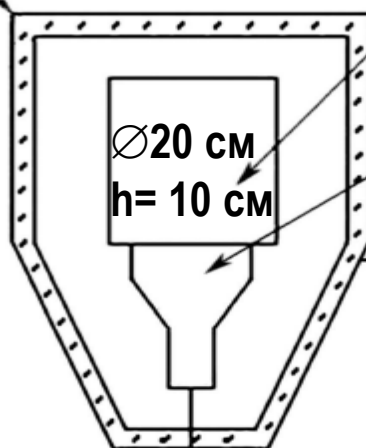
*Пластический сцинтилятор*

детектор  
СОИГ-Д

CsI(Tl)

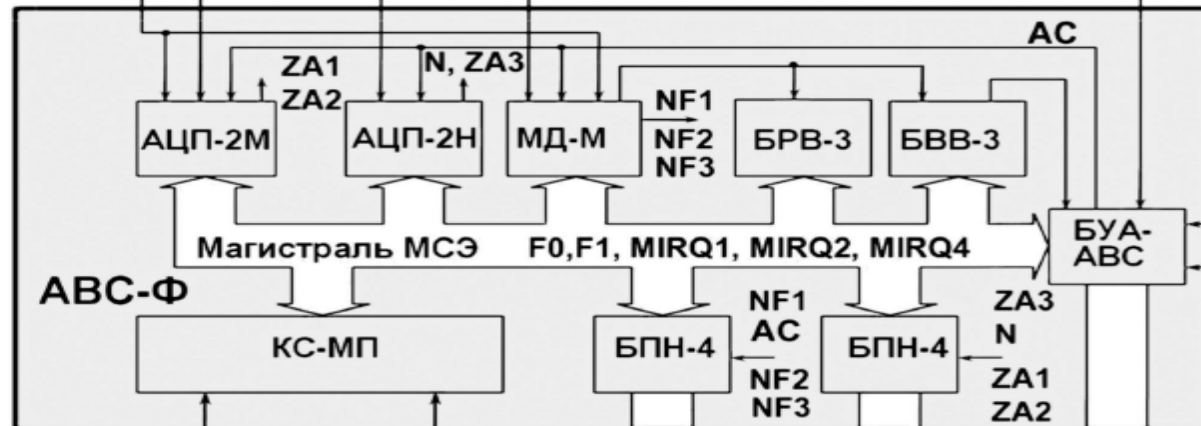
ФЭУ

детектор  
РПС-1  
4,9 мм x 4,9 мм  
CdTe



СОИГ-Э

АС



Командная линия  
(10 команд)

БУС

+27В

ССИИ

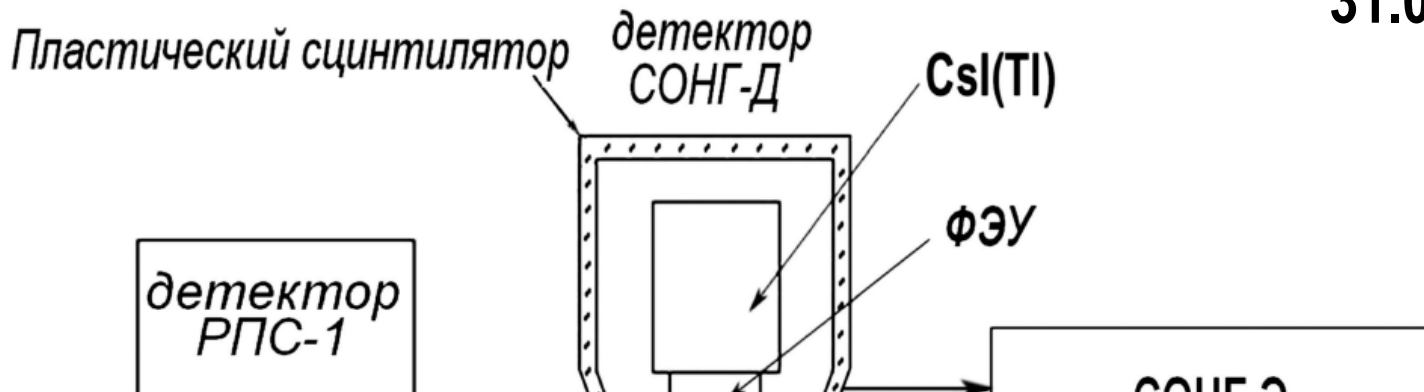
РТС-9

**Впервые: жесткое X и  $\gamma$ -излучение  $E > 10^2$  кэВ**

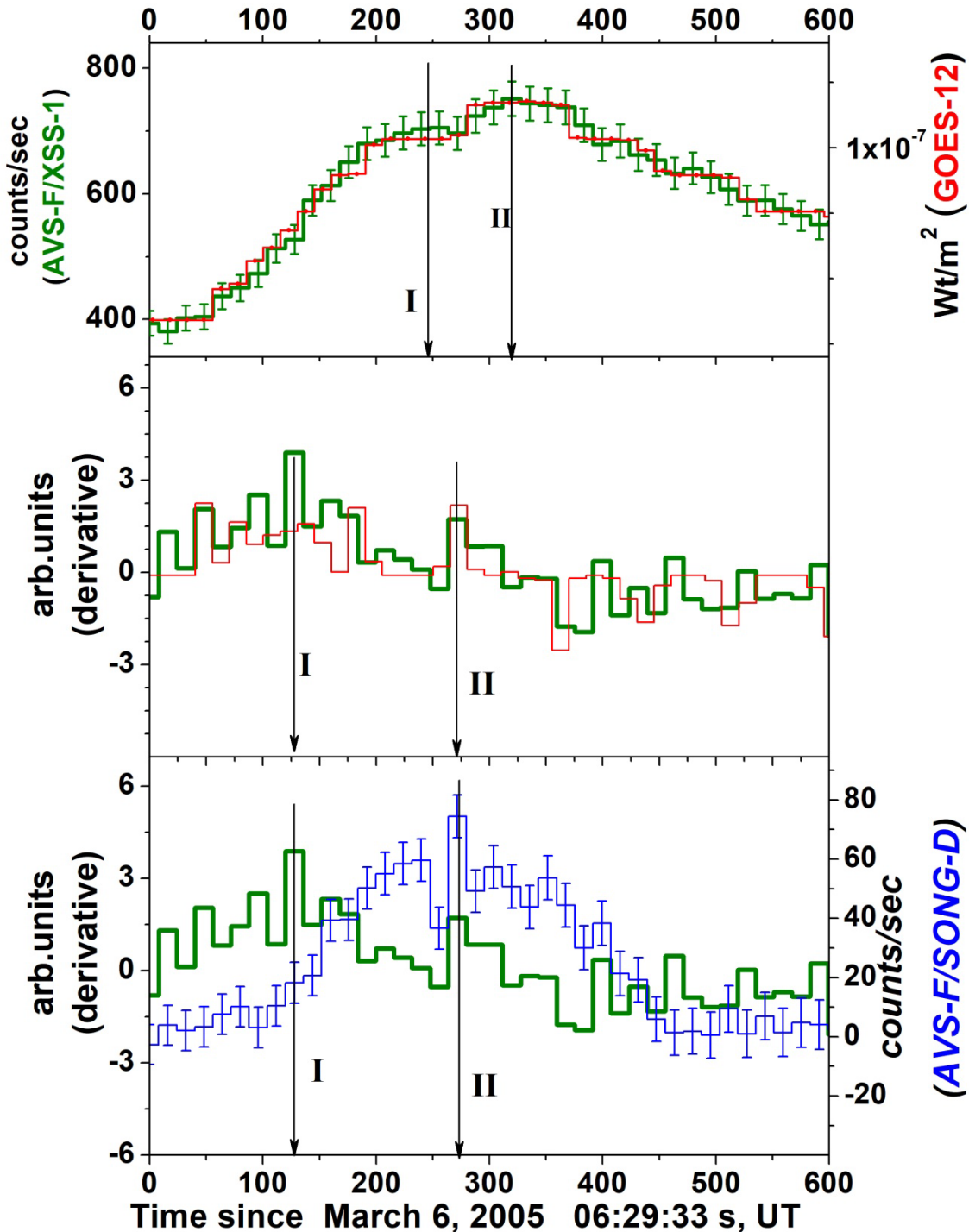
**солнечные вспышки классов В и С по GOES**

**обработка данных АВС-Ф/СОНГ-Д, затем АВС-Ф/РПС (ИСЗ КОРОНАС-Ф).**

**31.07.2001 – 6.12.2005**



| детектор | диапазон  | параметры                                  | мода работы  |                 |
|----------|---|--|--------------|-----------------|
|          |   |  | фон          | всплеск         |
| РПС-1    | жесткий X<br>3-31.5 кэВ   | время измерения, с<br>число каналов        | 16<br>32     | 1<br>32         |
| СОНГ-Д   | мягкий $\gamma$ , кэВ<br>2001                      2005<br>41 – $10^4$ → $10^2$ – $2.0 \times 10^4$ | время измерения, с<br>число каналов<br>ТТЕ | 16<br>82     | 1<br>82<br>4096 |
|          | жесткий $\gamma$ , МэВ<br>2001                      2005<br>4.0 – 94 → $2.0$ – $2.6 \times 10^2$    | время измерения, с<br>число каналов        | 128<br>64×64 | 4<br>114        |



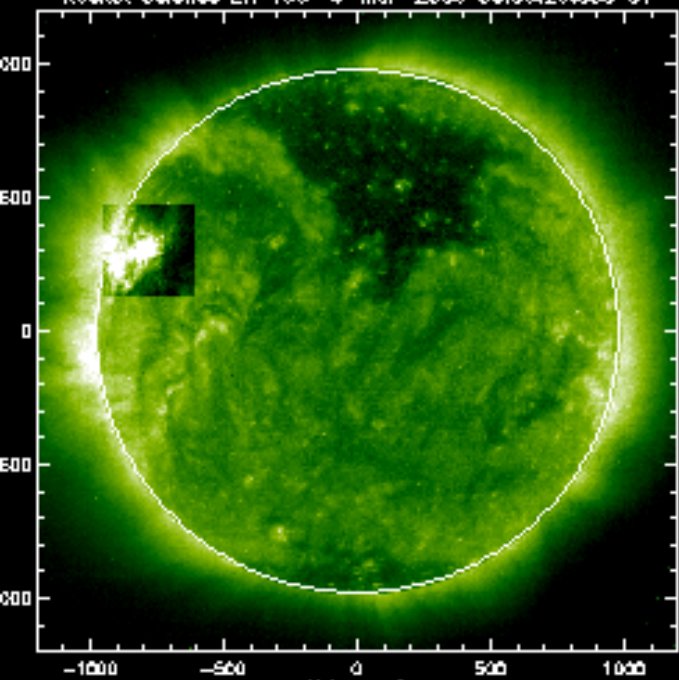
06.05.2005  
GOES class B1.0

Временной профиль вспышки  
по данным **AVS/РПС-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **GOES-12 (0.1 – 0.8 нм)**

**Эффект Ньюперта**  
Производная по данным  
**AVS/РПС-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **GOES-12 (0.1 – 0.8 нм)**

Временной профиль вспышки  
по данным **AVS/РПС-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **AVS/СОНГ-Д (0.1 – 0.8 МэВ)**  
**Сложный профиль, 2 max**  
**Нет подобия в разных диапазонах**

Rocket Science EIT 195 6-Mar-2005 06:34:23.989 UT



# SOHO-EIT (195 A)

Several faint flares  
accompanied by

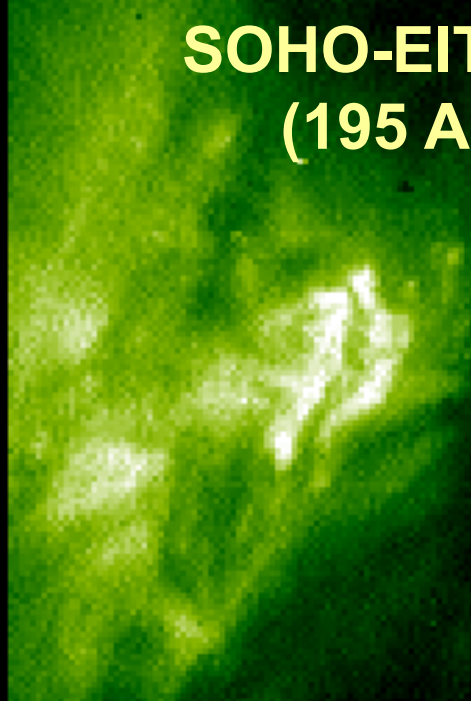
**CME:**

**06.03.05 B1.0**

**AR NOAA10741,**

**coordinates N14E56**

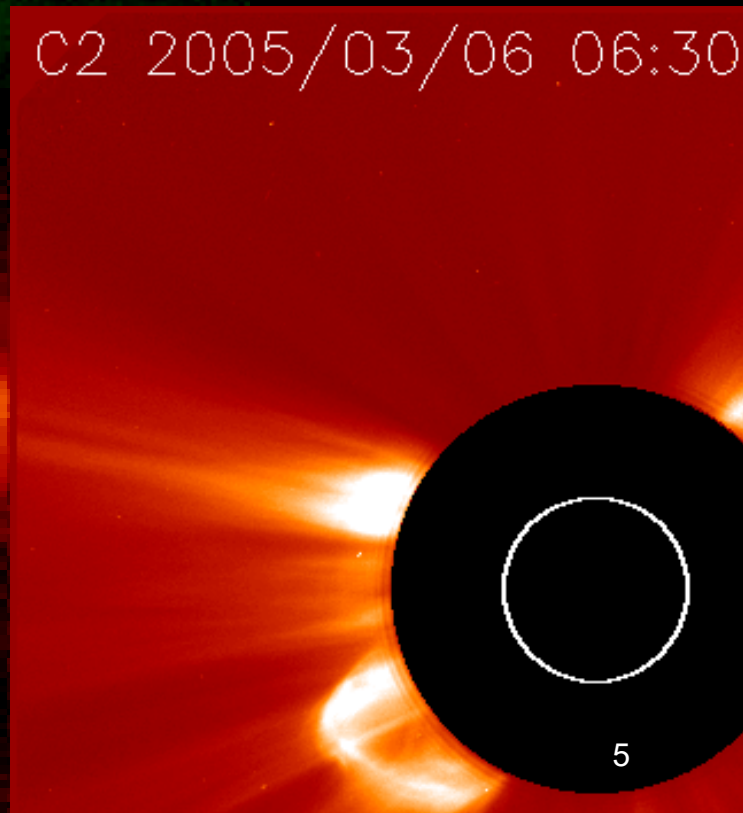
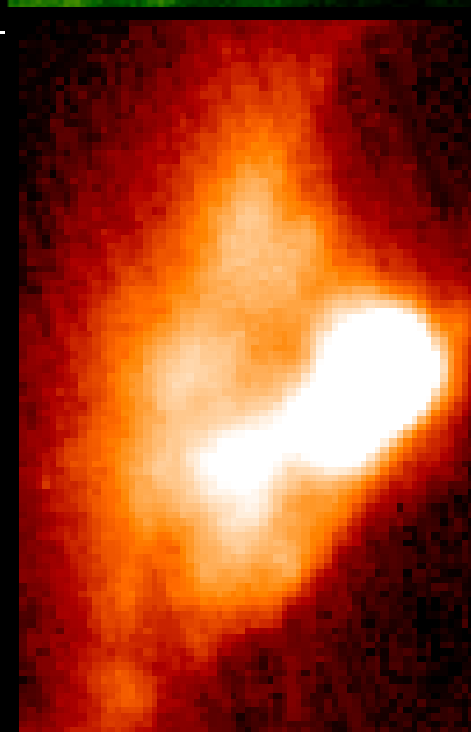
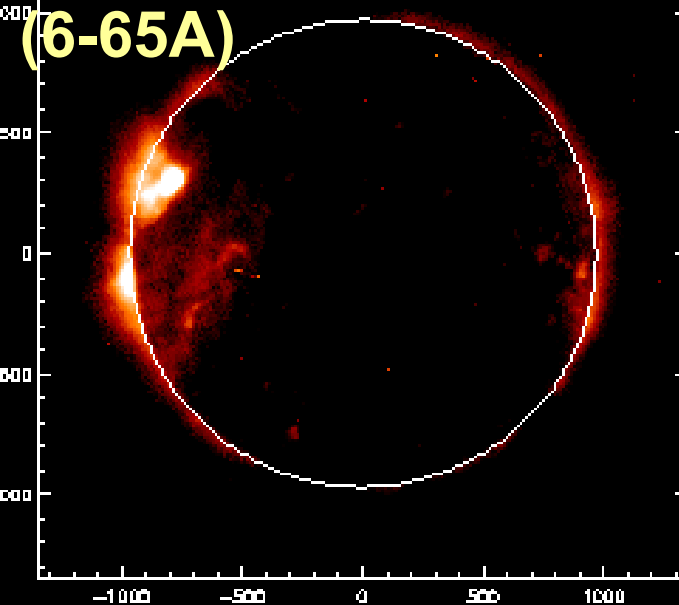
**06:30-0639, max 06:35**



C2 2005/03/06 06:30

SXI-0 P\_THNLB SXI-0 P\_THNLB 6-Mar-2005 06:34:53.873 UT

# SXI-GOES12 (6-65A)

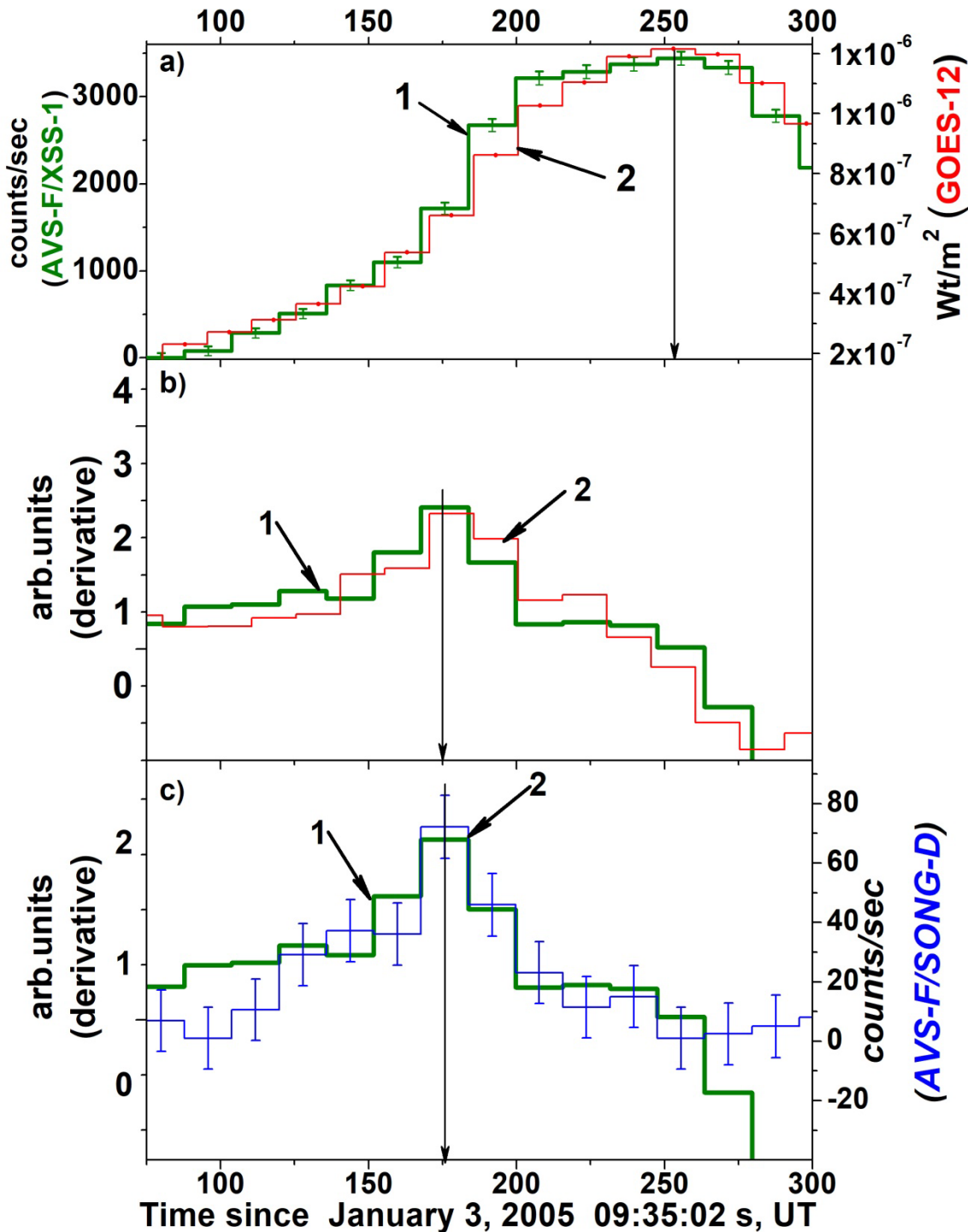


03.01.2005  
GOES class C1.1

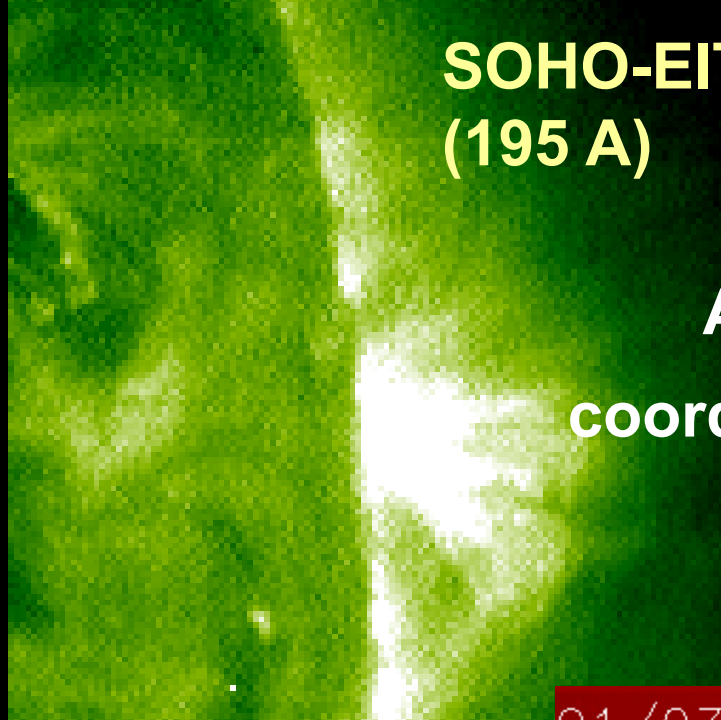
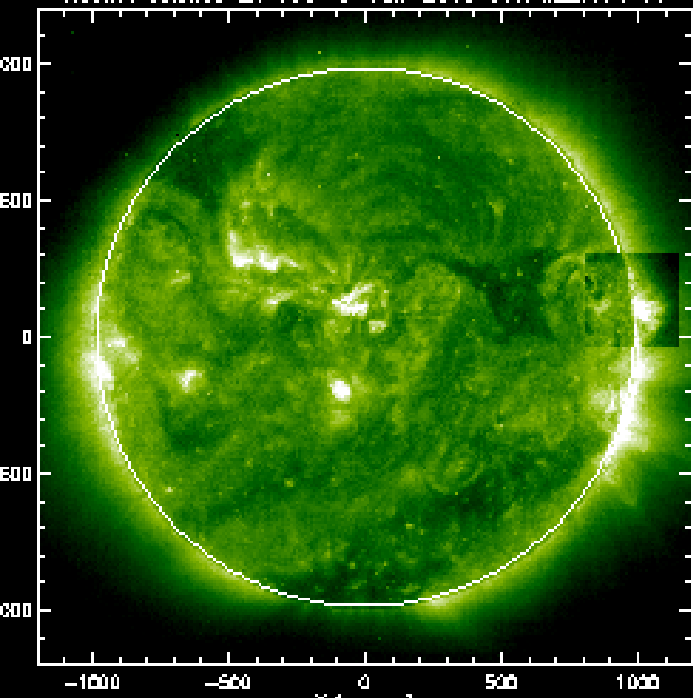
Временной профиль вспышки  
по данным **АВС/РПС-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **GOES-12 (0.1 – 0.8 нм)**

**! Эффект Ньюперта**  
Производная по данным  
**АВС/РПС-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **GOES-12 (0.1 – 0.8 нм)**

Временной профиль вспышки  
по данным **АВС/РПС-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **АВС/СОНГ-Д (0.1 – 2.0 МэВ)**  
**Простой профиль, 1 max**



Rocket Science DT 195 3-Jan-2005 08:34:22.674 UT

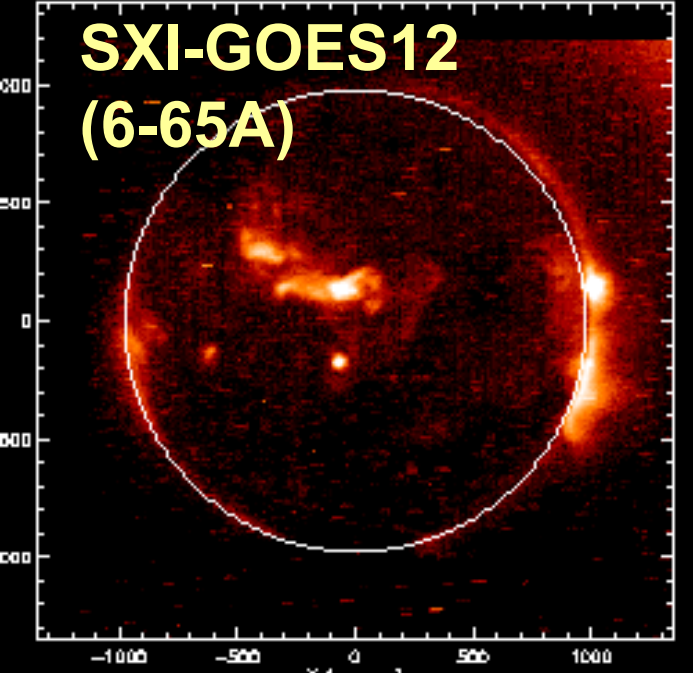


**SOHO-EIT  
(195 A)**

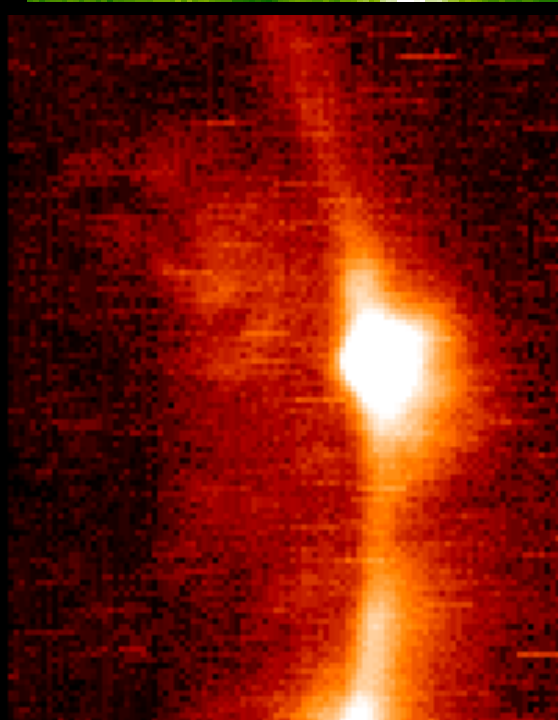
**CME**

**03.01.05 C1.1  
AR NOAA10717,  
coordinates N08W89**

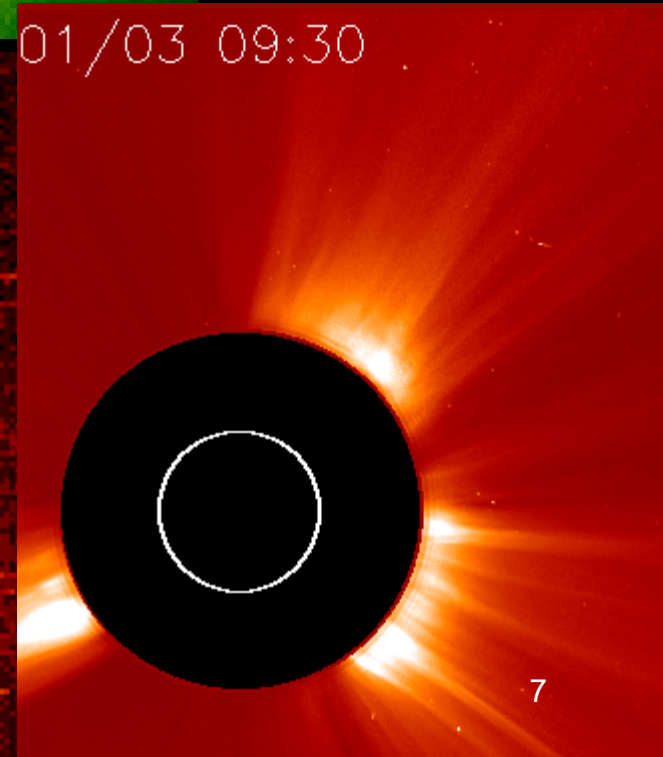
SXI-GOES12 3-Jan-2005 08:57:39.913 UT

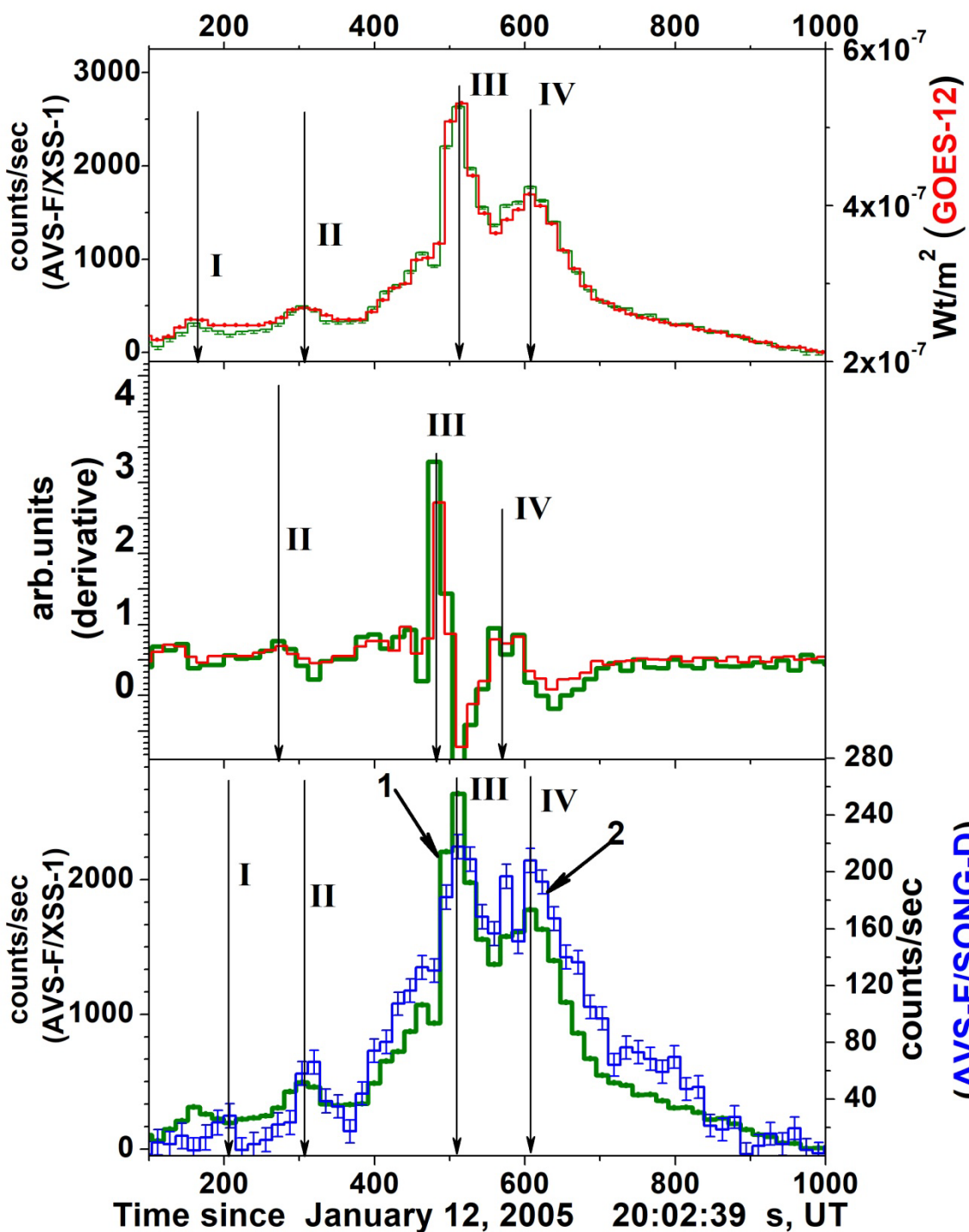


**SXI-GOES12  
(6-65A)**



01/03 09:30





12.01.2005

GOES class B4.6

СМЕ не было

Временной профиль вспышки  
по данным **AVS/RCS-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **GOES-12 (0.1 – 0.8 нм)**

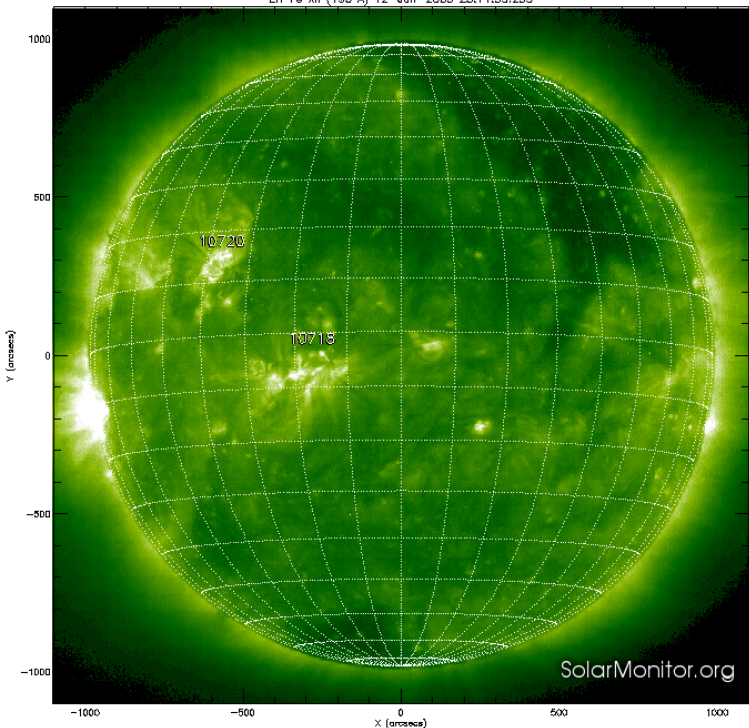
**Эффект Ньюперта**

Производная по данным  
**AVS/RCS-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **GOES-12 (0.1 – 0.8 нм)**

Временной профиль вспышки  
по данным **AVS/RCS-1 (3-31.5 кэВ)**  
и **AVS/СОНГ-Д (0.1 – 7.0 МэВ)**  
**Сложный профиль, несколько тах**  
**Подобие в разных диапазонах**

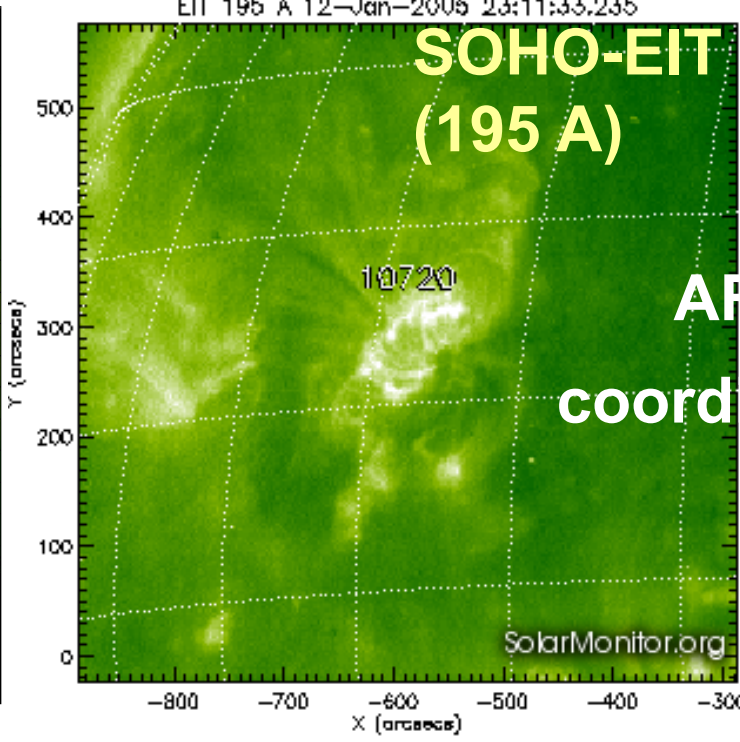


EIT Fe XII (195 Å) 12-Jan-2005 23:11:33.235



SolarMonitor.org

EIT 195 Å 12-Jan-2005 23:11:33.235

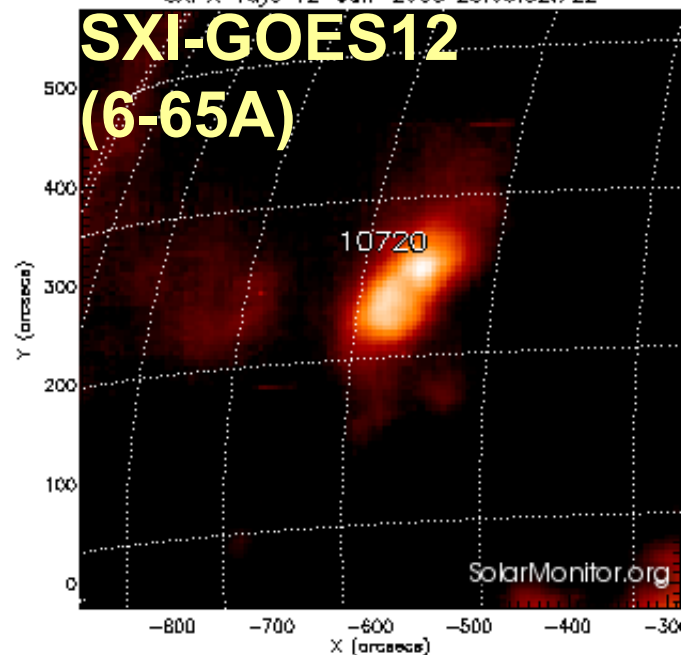


SolarMonitor.org

No CME

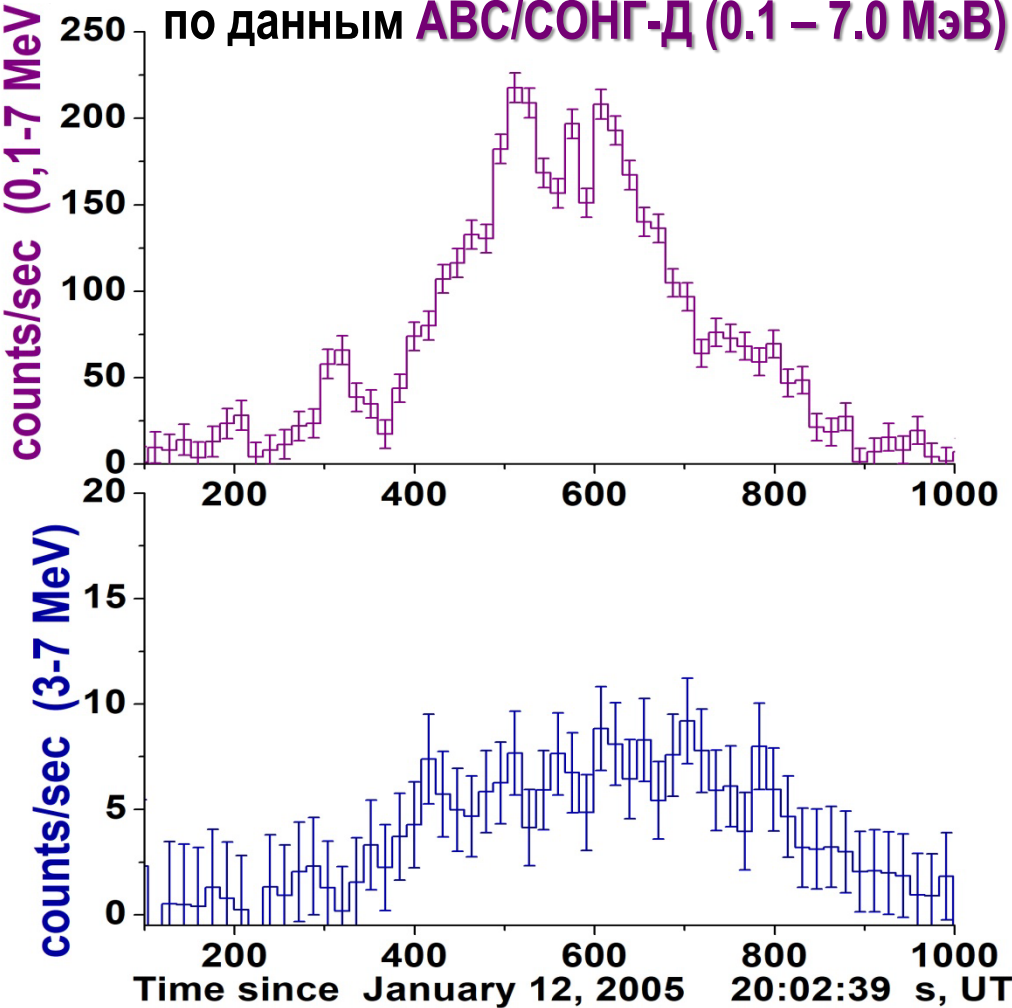
12.01.05 C1.1  
AR NOAA10720,  
coordinates N13E38

SXI X-rays 12-Jan-2005 23:05:32.722



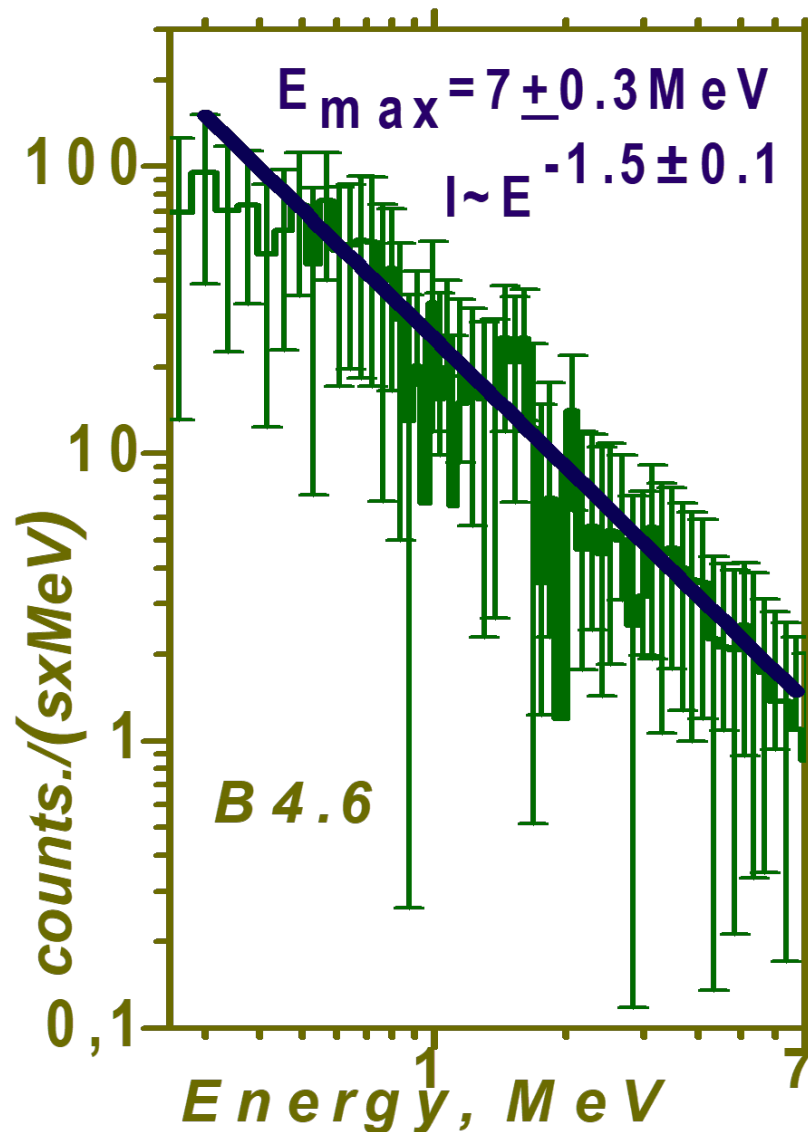
SolarMonitor.org

Временной профиль вспышки  
по данным АВС/СОИГ-Д (0.1 – 7.0 МэВ)

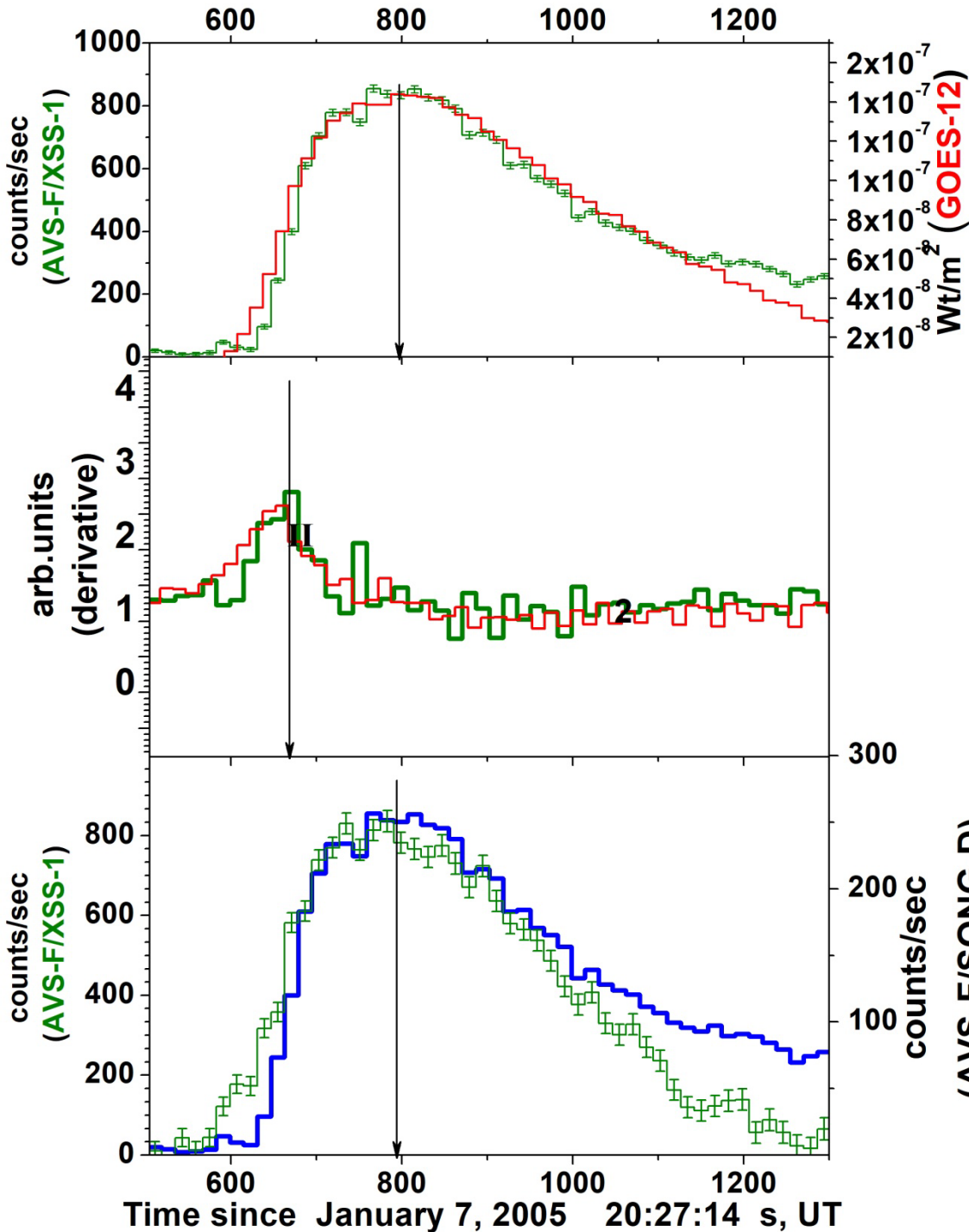


Временной профиль вспышки  
по данным АВС/СОИГ-Д (3.0 – 7.0 МэВ)  
 $E_{max} = 7.0 \pm 0.3$  МэВ

12.01.2005  
GOES class B4.6



Энергетический спектр вспышки  
по данным АВС/СОИГ-Д

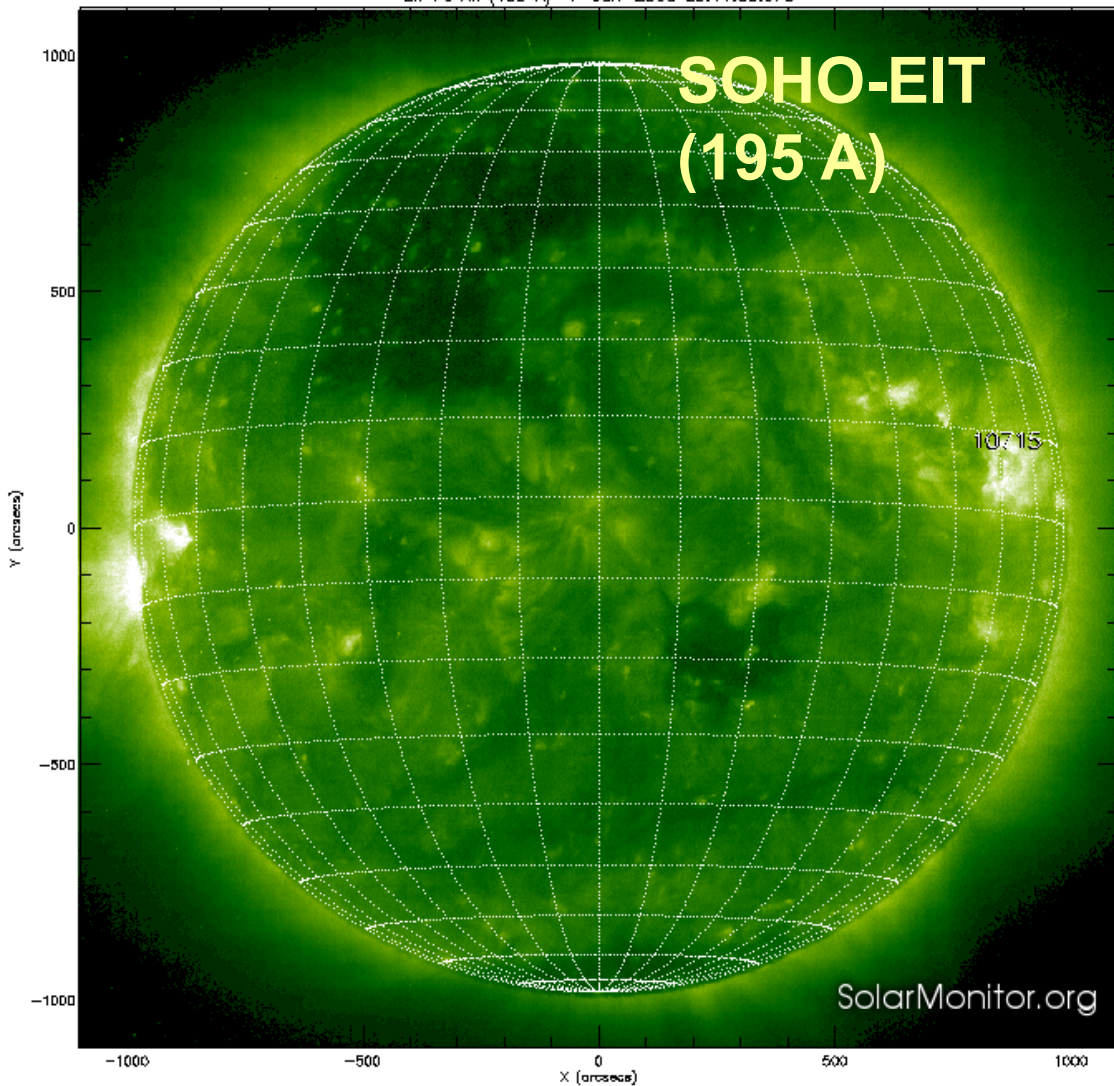


# 7.01.2005 GOES class B2.3

Временной профиль вспышки по данным **AVS/РПС-1 (3-31.5 кэВ)** и **GOES-12 (0.1 – 0.8 нм)**

**Эффект Ньюперта**  
Производная по данным **AVS/РПС-1 (3-31.5 кэВ)** и **GOES-12 (0.1 – 0.8 нм)**

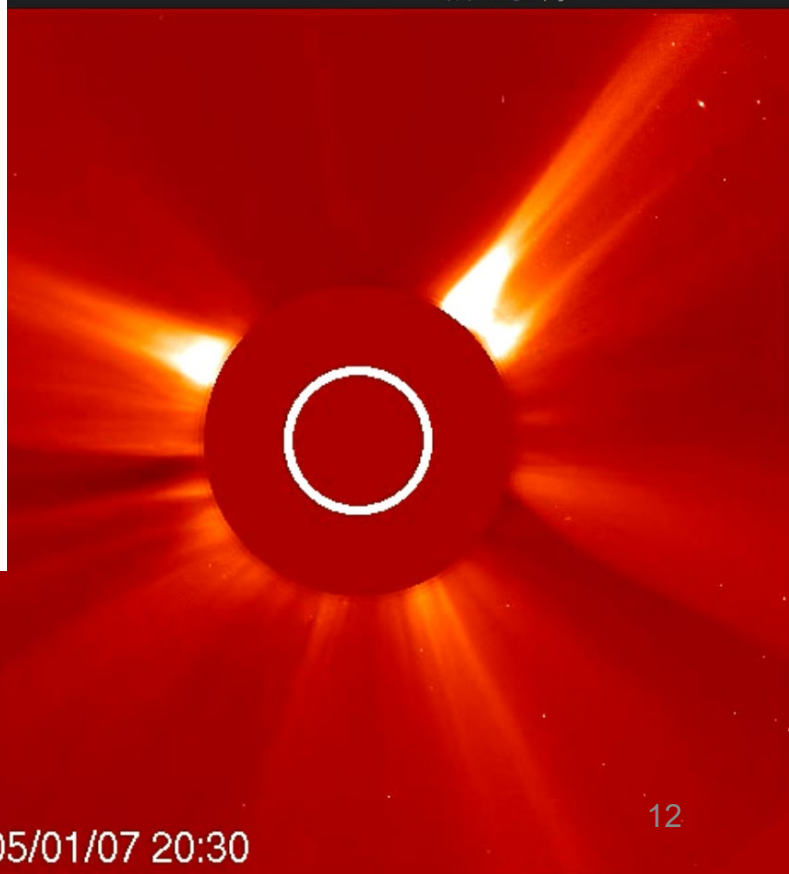
Временной профиль вспышки по данным **AVS/РПС-1 (3-31.5 кэВ)** и **AVS/СОНГ-Д (0.1 – 7.0 МэВ)**  
**Простой профиль, 1 max**  
**Подобие в разных диапазонах**



**CME**

**7.01. 05 B2.3  
AR NOAA10715,  
coordinates N08W89**

[1/2] 050107\_c2.mpeg

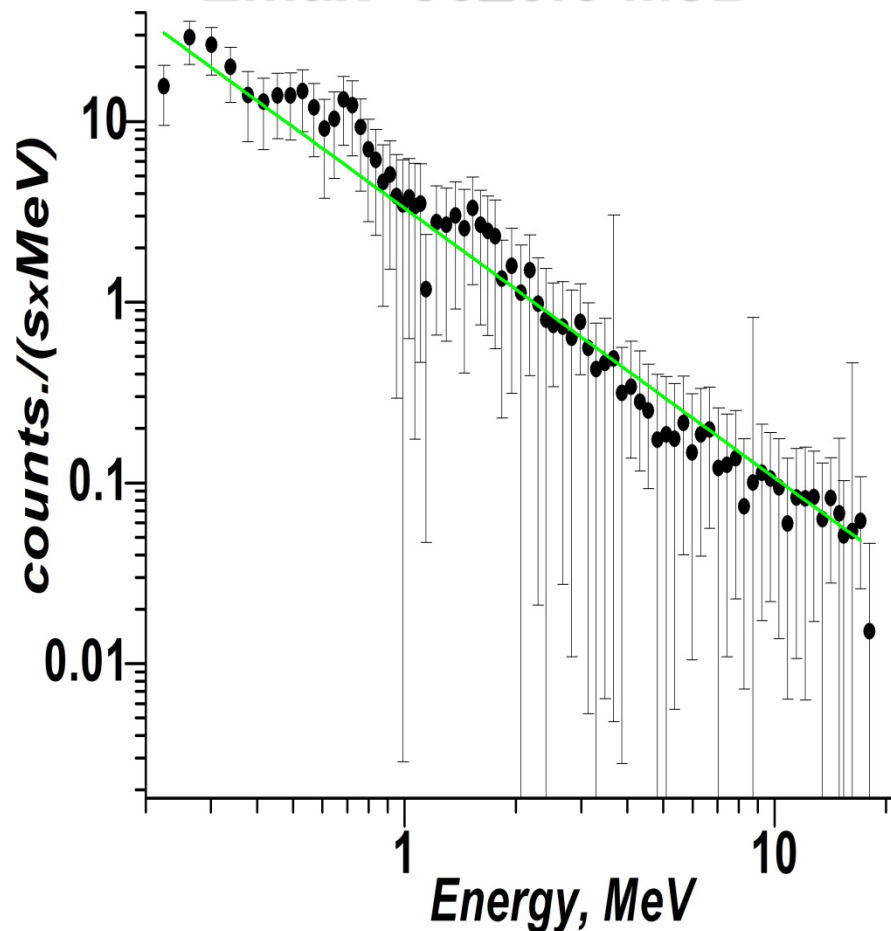
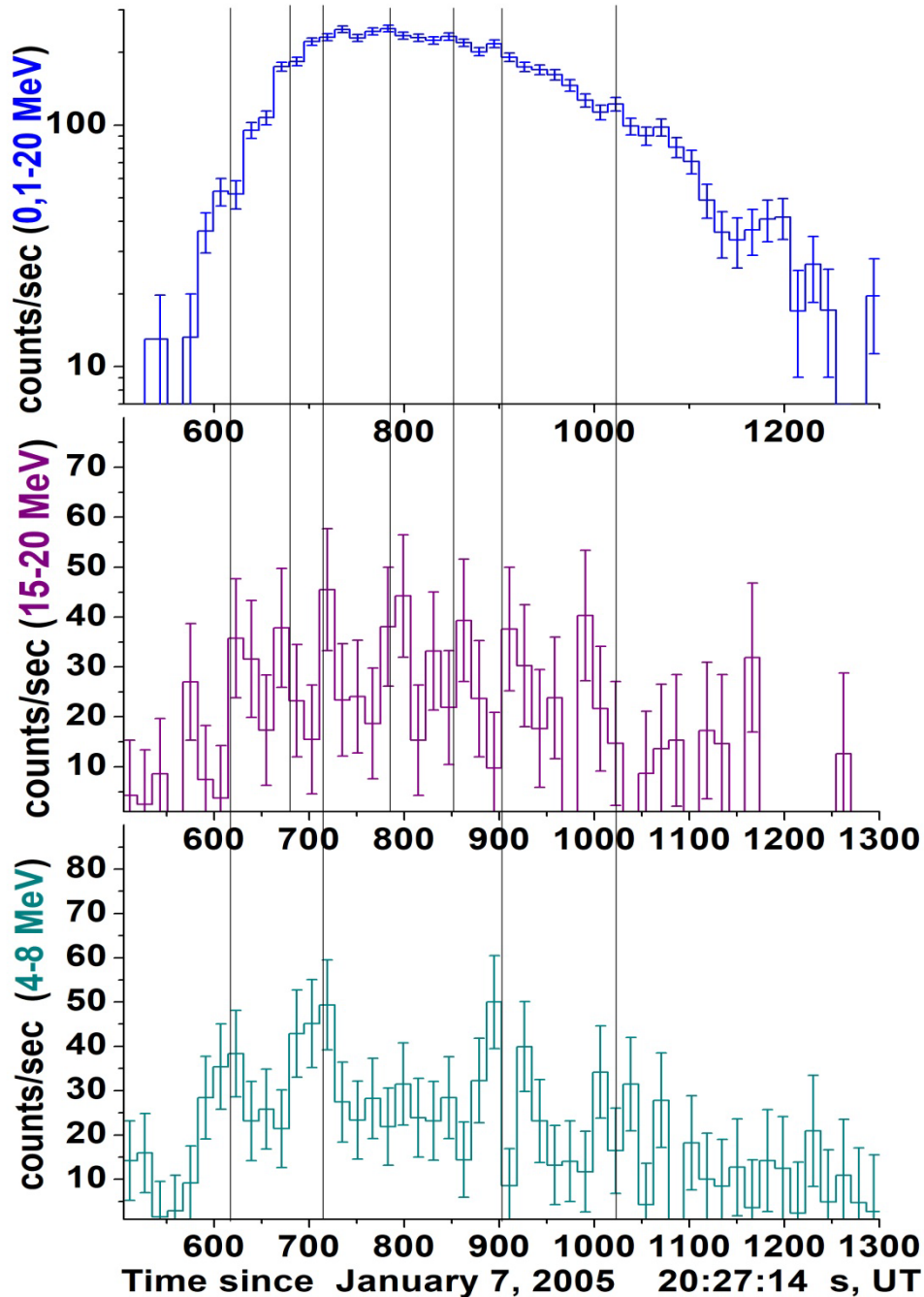


2005/01/07 20:30

7.01.2005  
GOES class B2.3

$I \sim E^{-1.49 \pm 0.03}$

$E_{max} = 36 \pm 0.6 \text{ МэВ}$



Энергетический спектр вспышки  
по данным АВС/СОНГ-Д

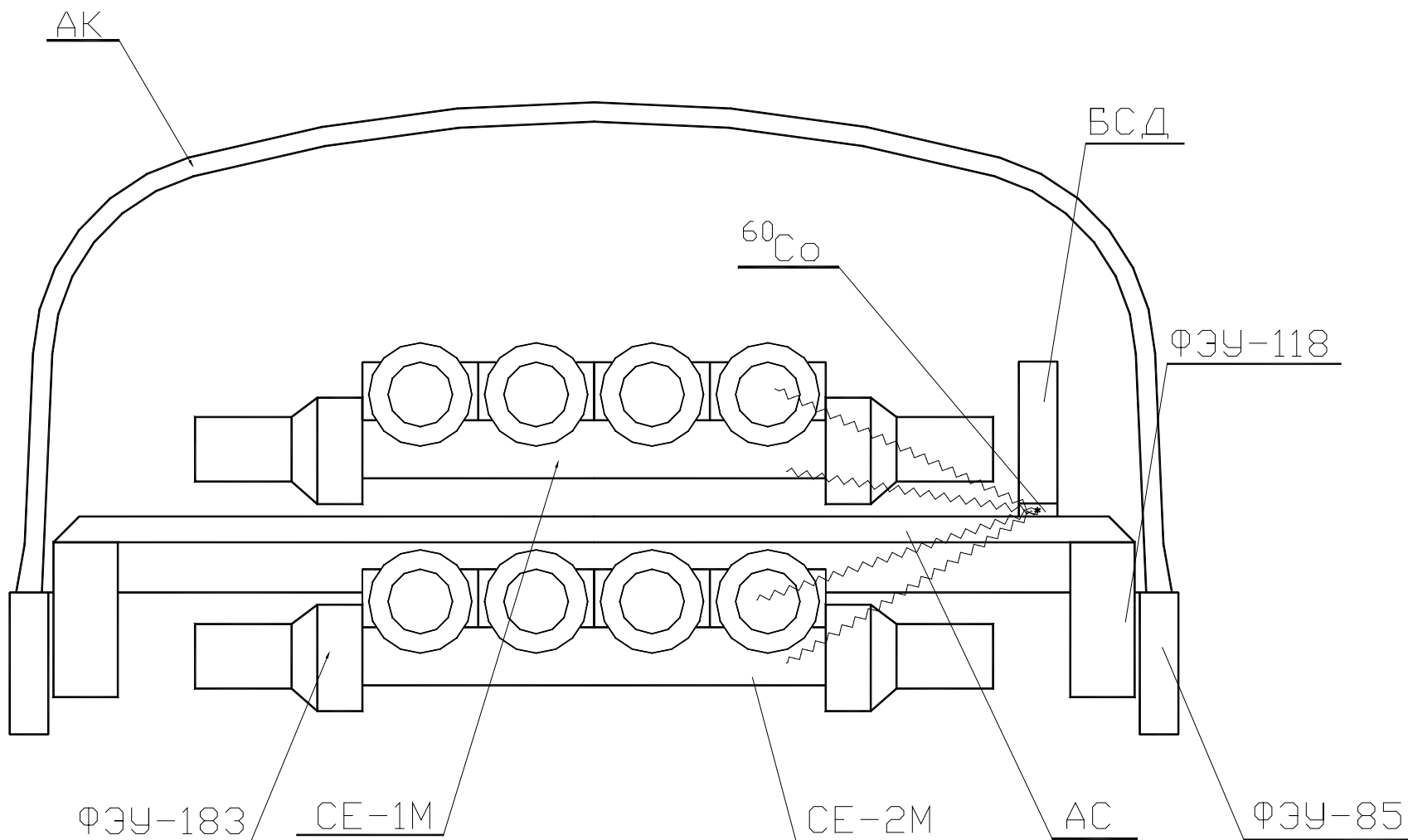
Временной профиль вспышки по данным АВС/СОНГ-Д

# Детектор НАТАЛЬЯ-2М (ИСЗ КОРОНАС-ФОТОН)

Период активного функционирования (наличие научной информации в сеансах)

20.02.2009-30.11.2009.

В составе прибора 2 спектрометра, в каждом 8 модулей с кристаллами CsI(Tl) (45×80×360 мм).

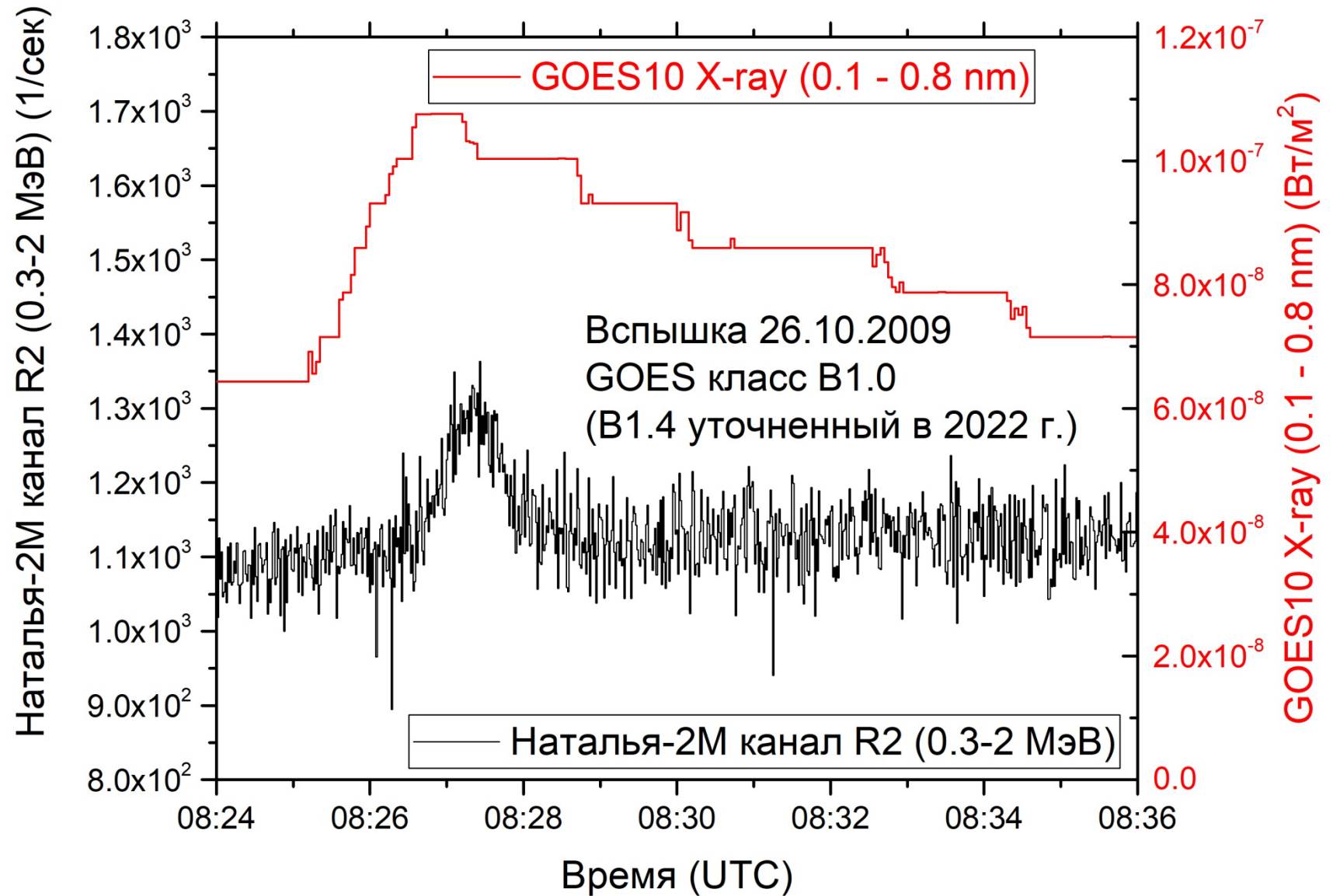


# Энергетические диапазоны прибора НАТАЛЬЯ-2М

| Канал                  | Энергетический диапазон, МэВ | Эффективная площадь, см <sup>2</sup> | Энергетическое разрешение, ΔE/E | Временное разрешение     |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| <b>Рентген и гамма</b> |                              |                                      |                                 |                          |
| R (рентген)            | 0,3 - 2                      | 920                                  | 10,0% (662 кэВ) изм.            | 1 мс – 1 с               |
| L (low gamma)          | 1 – 10                       | 900                                  | 5% (2,5 МэВ) изм.               | 1 с                      |
| M (middle gamma)       | 7 – 200                      | 800                                  | 6% (10 МэВ) расч.               | 1 с или событийный набор |
| H (high gamma)         | 50 - 2000                    | 750                                  | 32% (500 МэВ) расч.             | 1 с или событийный набор |
| <b>Нейтроны</b>        |                              |                                      |                                 |                          |
| N (neutrons)           | ~20 - 300                    | 37 - 120                             | -                               | событийный набор         |

# Временные профили солнечной вспышки 26.10.2009

СМЕ не было





# Аппаратура BATSE (ИСЗ CGRO)

5.04.1991 – 4.06.2000

Ø50.8 см, h= 1.27 см,

**Large Area  
Detector**

NaI ~20кэВ ÷ ~1МэВ

**PMT  
(1 of 3)**

**Charged  
Particle  
Detector**

LAD: 3 дискриминатора

~60 (20) кэВ, ~110 кэВ, ~ 325 кэВ

**Detector  
Electronics**

**Spectroscopy  
Detector**

Ø12.7 см, h= 7.62 см

NaI (TI) ~10кэВ ÷ ~100МэВ,

128 каналов

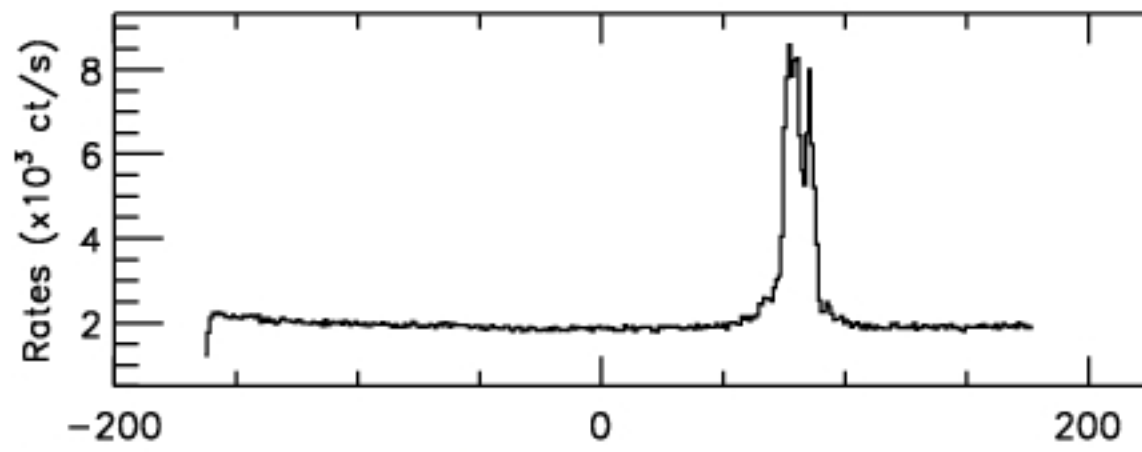
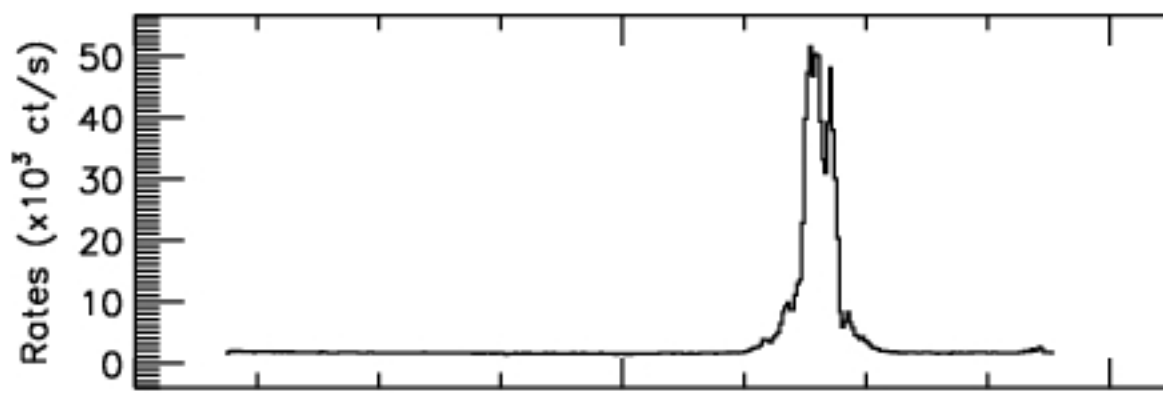
# BATSE database

([f64.nssts.nasa.gov/batse/sflare](http://f64.nssts.nasa.gov/batse/sflare))

→ 82 flares (5 слабее C6)  
(все подтверждены GOES),

flares without emission  $E > 300$  keV

flares with emission  $E > 300$  keV



Временной профиль  
вспышки

**October 23b 1991**

**No CME**

**(trigger started at**

**22:24:16, GOES**

**class C5.2,**

**no emission**

**$E > 300$  keV)**

# BATSE database

(f64.nssts.nasa.gov/batse/sflare)

Временной профиль вспышки

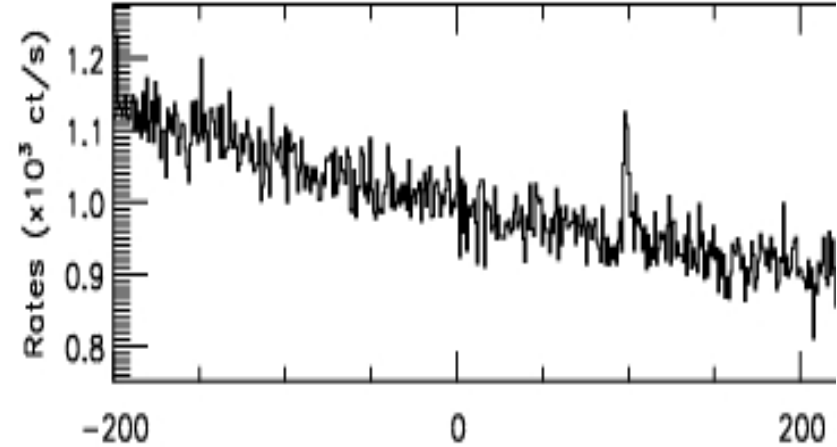
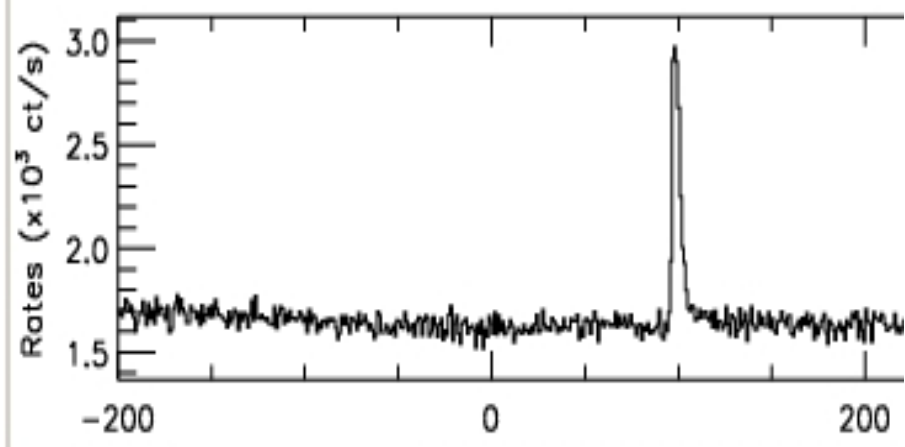
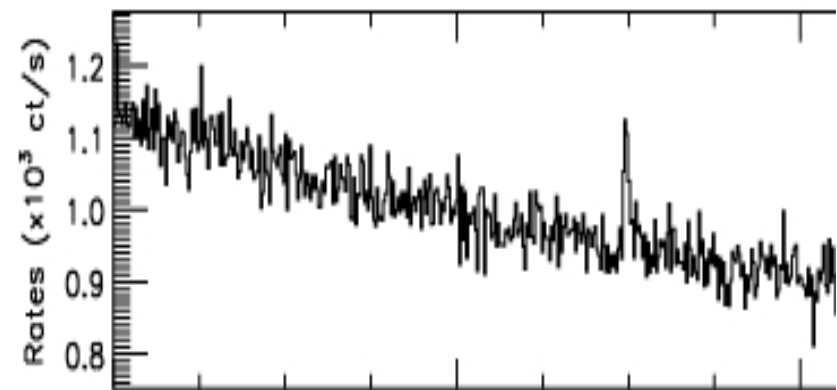
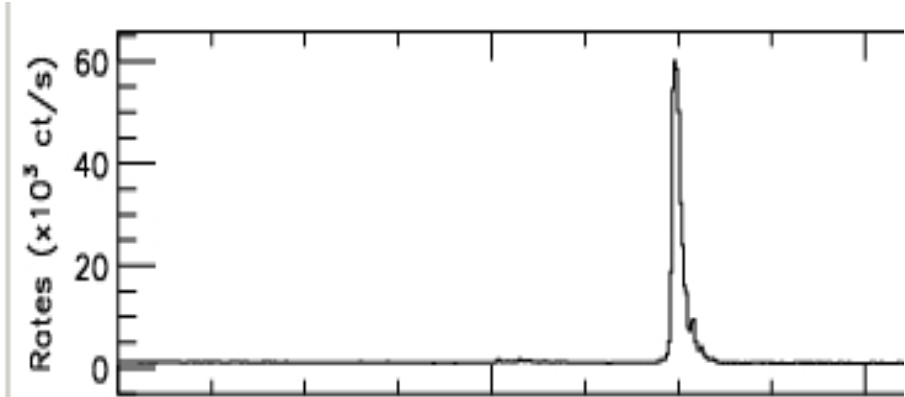
*October 23a 1991*

*(trigger started at 16:26:41, GOES class C4.2)*

**No CME**

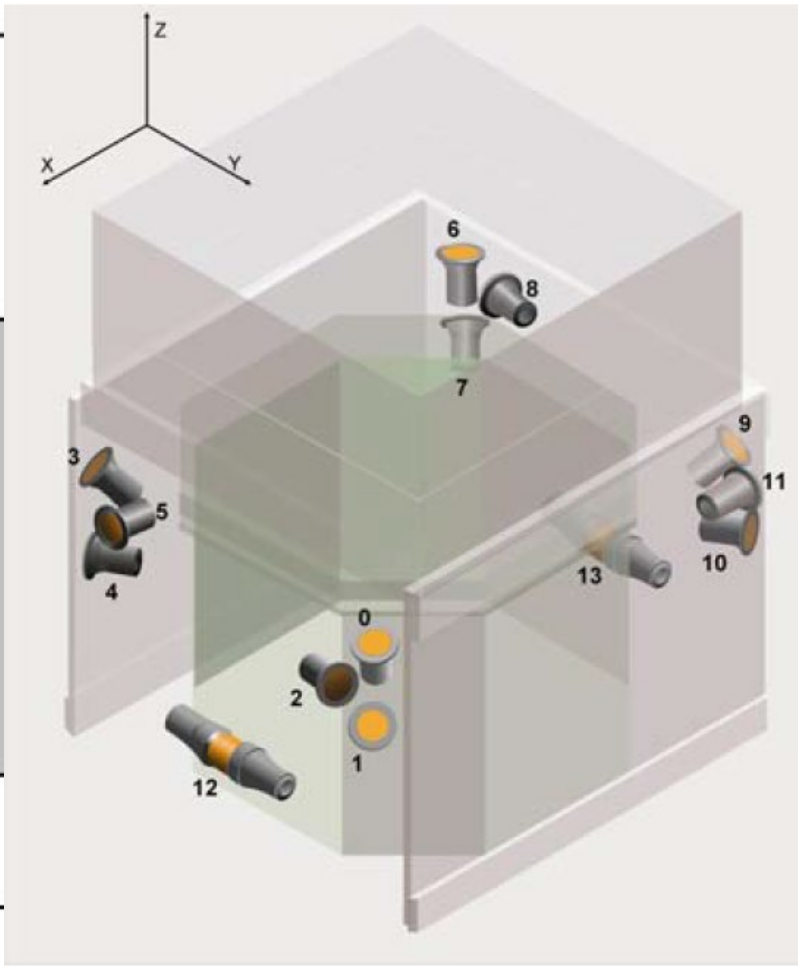
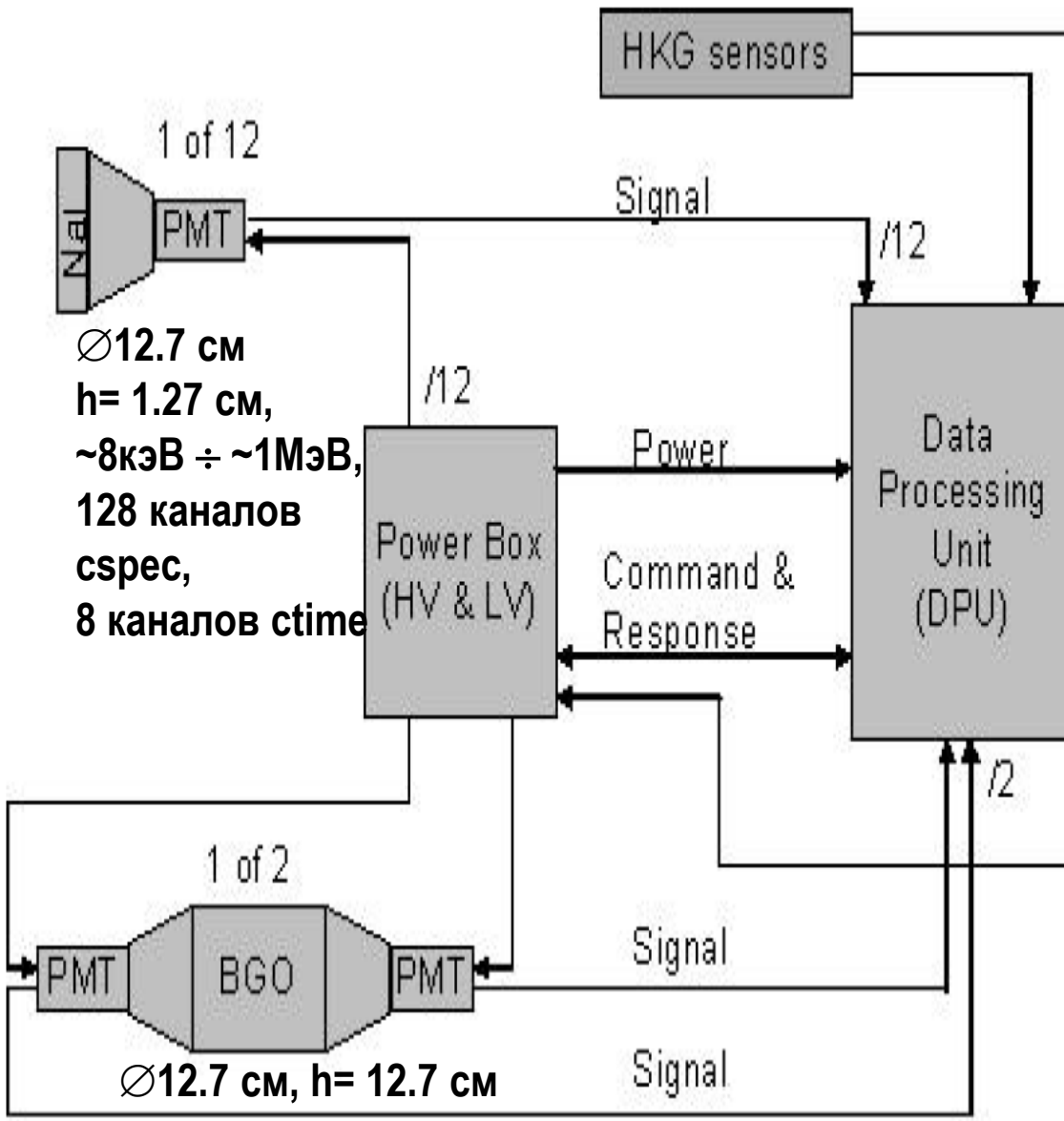
*25-50 keV*

*E>300 keV*



# GBM (IC3 Fermi)

11.06.2008 – now



$\varnothing 12.7$  см  
 $h = 1.27$  см,  
 $\sim 8$ кэВ ÷  $\sim 1$ МэВ,  
 128 каналов  
 срес,  
 8 каналов стime

$\varnothing 12.7$  см,  $h = 12.7$  см

$\sim 200$ кэВ ÷  $\sim 40$ МэВ, 128 каналов срес, 8 каналов стime

**GOES: March 27, 2010 B2.4**

**09:40:00 – 09:46:00, max 09:43:00**

**No CME**

**Fermi/GBM:**

**TITLE: GCN CIRCULAR**

**NUMBER: 10551**

**SUBJECT: Fermi GBM detection of four Solar Flares**

**DATE: 10/03/30 10:16:23 GMT**

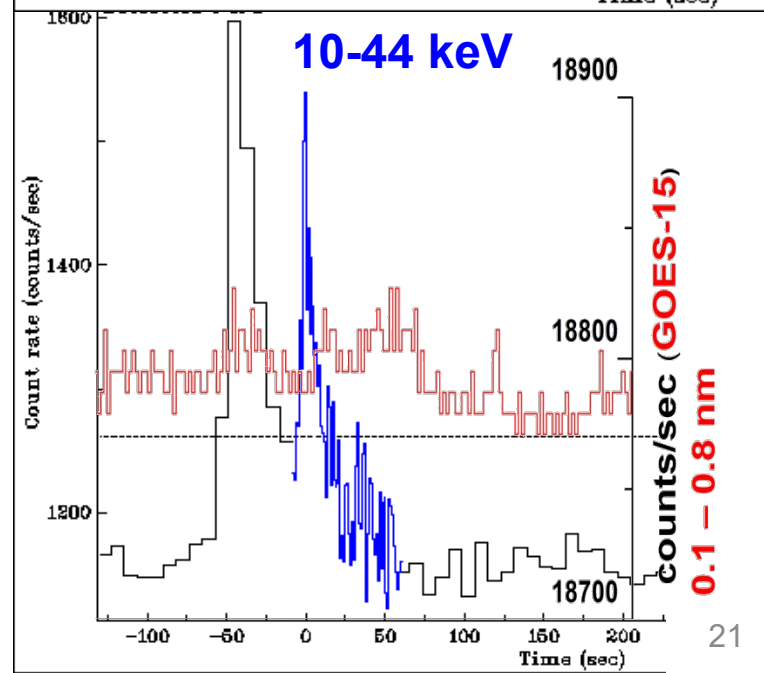
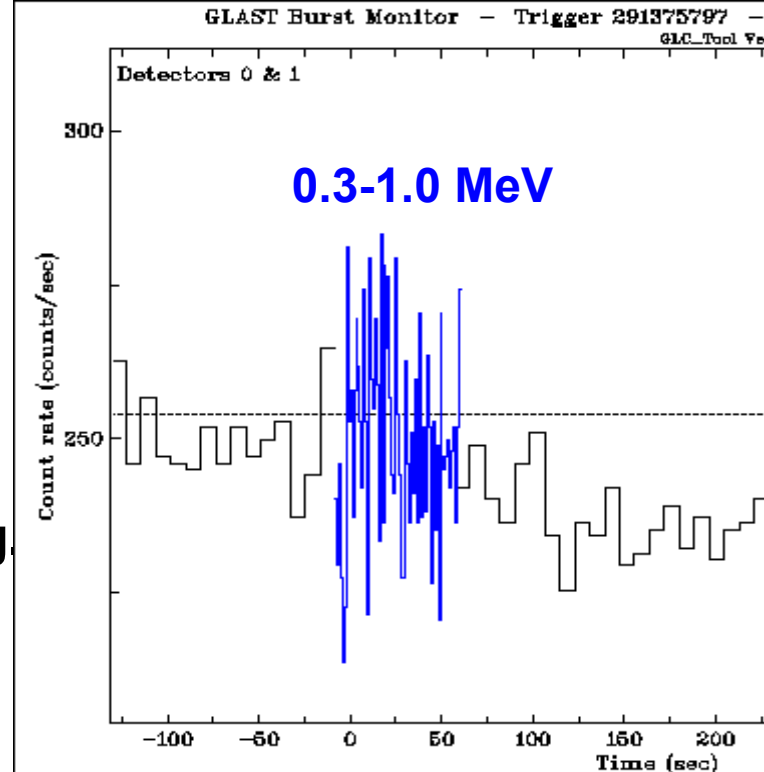
**FROM: Sheila McBreen at MPE <smcbreen@mpe.mpg>**

**S. McBreen (UCD/MPE)**

**reports on behalf of the Fermi GBM Team:**

**"On 27 March 2010 the Fermi Gamma-Ray Burst Monitor triggered and located four solar flares. The events are listed below.**

| Trigcat        | Trigger   | UTC         |
|----------------|-----------|-------------|
| -----          |           |             |
| GBM 100327.218 | 291359679 | 05:14:37.43 |
| GBM 100327.330 | 291369350 | 07:55:48.66 |
| GBM 100327.405 | 291375797 | 09:43:15.44 |
| GBM 100327.424 | 291377472 | 10:11:10.04 |



# Заключение

Зарегистрировано более 100 вспышек классов В и С по GOES с  $E > 100$  кэВ (ABC-Ф (СОНГ-Д)/КОРОНАС-Ф, НАТАЛЬЯ-2М/КОРОНАС-ФОТОН, GBM/Fermi, BATSE/CGRO)

- энергетические спектры степенные, без линий
- ~20 % согласованное поведение временных профилей в разных диапазонах
- ~20% тонкая структура временных профилей с масштабом 50-110с
- ~40 % наблюдался эффект Ньюперта (~60% дополнительное ускорение? турбулентность?)
- в некоторых наблюдались СМЕ
- $150 \text{ кэВ} < E_{\text{max}} < 35 \text{ МэВ}$
- disk & limb

# Заключение

Нет корреляции между GOES class и

## ➤ E<sub>max</sub>

(08.11.2001, M4.2 не зарегистрировано E>100 кэВ,  
07.01.2005 E<sub>max</sub>=35±0.7 МэВ, GOES class B2.3,  
23.10.1991 E<sub>max</sub>=150±23 кэВ, GOES class C5.2)

➤ количество max на временных  
профилях в разных диапазонах

➤ согласованное поведение временных  
профилей в разных диапазонах или нет

➤ эффект Ньюперта: наблюдался или нет

➤ CME : наблюдался или нет

**Спасибо за внимание!**